

Rec'd PCT/PTC 29 MAR 2005 #

PCT/EP03/12014

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



EP03/12014

REC'D 18 DEC 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 50 826.7

Anmeldetag: 31. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur Förderung
der angewandten Forschung eV, München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung eines 3-dimensionalen
Preforms

IPC: D 04 H, B 29 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt

Schmidt C.

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

A 9161
08/00
EDV-L

Best Available Copy

Pfenning, Meinig & Partner GbR

Patentanwälte
European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys
Dipl.-Ing. J. Pfenning (-1994)
Dipl.-Phys. K. H. Meinig (-1995)
Dr.-Ing. A. Butenschön, München
Dipl.-Ing. J. Bergmann*, Berlin
Dipl.-Chem. Dr. H. Reitzle, München
Dipl.-Ing. U. Grambow, Dresden
Dipl.-Phys. Dr. H. Gleiter, München
Dr.-Ing. S. Golkowsky**, Berlin
*auch Rechtsanwalt
**nicht Eur. Pat. Att.

80336 München, Mozartstraße 17
Telefon: 089/530 93 36
Telefax: 089/53 22 29
e-mail: muc@pmp-patent.de
10719 Berlin, Joachimstaler Str. 10-12
Telefon: 030/88 44 810
Telefax: 030/88136 89
e-mail: bln@pmp-patent.de
01217 Dresden, Gostritzer Str. 61-63
Telefon: 03 51/87 18 160
Telefax: 03 51/87 18 162
e-mail: dd@pmp-patent.de

München,
29. Oktober 2002
02F41238-IFAM2

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur
Förderung der angewandten
Forschung e.V.
Leonrodstraße 54
80636 München

Verfahren zur Herstellung eines 3-dimensionalen Preforms

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

02F41238-IFAM2

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Präforms aus textilen Ausgangsmaterialien wie Fasern, Fasernbündeln oder Tapes, dadurch gekennzeichnet,
 - a) daß die textilen Ausgangsmaterialien zweidimensional in einer Ebene abgelegt werden wobei die Orientierung der Fasern und die Geometrie des zweidimensionalen Geleges durch Rückrechnung aus der dreidimensionalen Zielform bestimmt worden ist,
 - b) daß durch Umformen / Drapieren des zweidimensionalen Geleges die dreidimensionale Zielform hergestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Schritt b) eine Kompaktierung durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, oder 2, dadurch gekennzeichnet daß, als textile Ausgangsmaterialien Fasern, Fasernbündel oder Tapes eingesetzt werden.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Fixierung mechanischer Fixierungshilfen und/oder ein Binder eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Fixierungshilfen Pins, Klemmelemen-

15

20

25

30

te, Haftstreifen oder Bürsten. verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fixierung der textilen Ausgangsmaterialien durch Vernähen erfolgt.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fixierung der textilen Ausgangsmaterialien durch Einbringen eines Binders vor, während oder nach dem Umformen / Drapierungsvorgang erfolgt.
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß als textile Ausgangsmaterialien vorimprägnierte Textilmaterialien wie Fasern oder Fasernbündel verwendet werden.
- 15 9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Verfahrensschritt a) das zweidimensionale Gelege entnommen und gegebenenfalls zugeschnitten und dem dreidimensionalen Umformungs- / Drapierungsprozeß zugeführt wird.
- 20 10. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Verfahrensschritt b) ein Zuschneiden des dreidimensionalen Preforms erfolgt.

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

02F41238-IFAM2

5

Verfahren zur Herstellung eines
3-dimensionalen Preforms

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Preforms wobei in einem ersten Schritt ein zweidimensionales Gelege in einer Ebene hergestellt wird und anschließend dann ein Formungs- / Drapierungsprozeß zur dreidimensionalen Zielform erfolgt.

15

Bei der Herstellung faserverstärkter Kunststoffe kommen unterschiedliche textile Vorprodukte, im folgenden auch Halbzeuge genannt, zur Anwendung. Neben Geweben und Geflechten können Vliesstoffe und andere textile Flächengebilde eingesetzt werden. Anschließend können diese Halbzeuge in unterschiedlichen Verarbeitungsprozessen konfektioniert und miteinander kombiniert und verbunden werden. Die dabei entstandenen Vorformlinge (sog. Preforms) werden schließlich mit einem Matrixsystem getränkt und meist unter erhöhtem Druck und Temperatur ausgehärtet.

25

30

Die Fixierung von Preforms kann mit Hilfe eines Binders, mit dem Matrixsystem oder durch eine mechanische Fixierung, wie z.B. Nähen, geschehen. Bei den verwendeten Bindersystemen handelt es sich hauptsächlich

lich um thermoplastische Substanzen, die z.B. pulverförmig auf das Halbzeug aufgebracht und unter Temperatureinfluß aktiviert werden. Neben einer Festlegung der Faserorientierung können die Bindersysteme dazu verwendet werden, die Preforms in einem kompaktierten Zustand zu fixieren.

Heute werden textile Vorprodukte wie z.B. Gewebe, Multiaxialgelege und Geflechte zur Herstellung von faserverstärkten Hochleistungskunststoffen verwendet, aus denen ein Preform durch Konfektionierung und Drapiervorgänge hergestellt wird. Die meisten dieser Halbzeuge werden bei ihrer Herstellung nicht optimal für ein spezifisches Bauteil hergestellt. Die Folgen sind ungenaue oder unerwünschte Faserorientierungen und weitere Nachteile, wie z.B. Überlappungen. Des weiteren gibt es Verfahren, mit denen aus einzelnen Faserbündeln (Rovings)bauteilangepaßte Preforms hergestellt werden können. Zu diesen Fertigungsverfahren zählen unter anderem das Wickeln, (Tailored) Fibre Placement, Tapelegen und Tow-Placement. Dabei lassen besonders das Wickel-, Tow-Placement und (Tailored) Fibre Placement Verfahren die Herstellung komplexer Preforms mit einer gezielten Faserausrichtung zu. Für komplexe dreidimensionale Strukturen sind dabei besonders das Wickel- und das Tow-Placement-Verfahren geeignet.

Bei Faserwickeln werden Fasernhalbzeuge auf einen rotierenden Kern aufgewickelt. Durch die Position des Faserträgers (Fadenaue) kann der Ablegewinkel festgelegt werden. Im Normalfall wird als Halbzeug ein oder mehrere trockene Rovings verwendet, die direkt vor dem Wickelprozeß in einem temperierten Matrixbad getränkt werden (Nass Wickeln) oder es werden vorimprägnierte Prepregrovings verwendet (Prepregverfahren). Wobei Prepregfaserhalbzeuge einfacher zu verar-

beiten sind und bessere Laminatqualitäten erreicht werden können. Ein weiteres Verfahren ist das sogenannte Trockenwickeln. Das nachträgliche Imprägnieren von zuvor trocken gewickelten Bauteilen kann mit unterschiedlichen Injektionsverfahren realisiert werden. Das Bauteil wird direkt auf dem Kern ausgehärtet. Als Wickelkörper werden verlorene Kerne, teilbare Kerne oder flexible aufblasbare Kerne verwendet.

Die Fertigung von komplexen Bauteilen ist zwar möglich, allerdings ist das Einbringen von gezielten Verstärkungen kaum möglich, da die Fasern immer auf einem größeren Umfang abgelegt werden. Wickelmaschinen mit sechs oder mehr Achsen erlauben es dem Konstrukteur die Position und Orientierung des Fadenauges genau festzulegen. Die Fadenzufuhr kann damit entlang der x-, y- oder z-Achse geschehen und ermöglicht die Rotation des Fadenauges um die drei orthogonalen Achsen, so daß auch nicht-rotationssymmetrische Körper, wie z.B. T-Träger hergestellt werden können. Die Hauptanwendung der Wickeltechnik ist das Herstellen von zylinderförmigen Bauteilen (z.B. Leitungen, Strukturen, Stäbe, usw.) und Behältern (Druckbehälter, usw.). Es können auch größere Bauteile gefertigt werden, wie z.B. Rohre mit Durchmessern von über 10m.

Werden Thermoplaste als Matrixwerkstoff oder als Binder verwendet, so wird das Halbzeug zusammen mit dem Harz erhitzt und nach der Ablage auf dem Kern abgekühlt. Die Legegeschwindigkeiten sind aufgrund dieser Prozesse langsamer als bei duroplastischen Harzen.

Das Ablegen von schmalen Einzelfäden, sowie Fiber-

Placement, ist ein weiteres Herstellungsverfahren, das sich besonders zur Herstellung komplexer gekrümmter Bauteile eignet. Dabei werden die vorimprägnierten Fäden einzeln zum Ablegekopf befördert, dort zu einem schmalen Faserband zusammengeführt und auf dem Bauteil abgelegt. Statt ein Harzsystem kann zur Fixierung auch ein Binder verwendet werden, so daß man einem trockenen Preform erhält, der erst anschließend mit Harz injiziert wird.

Bei einigen Verfahren werden besonders schmale Tapes (Breite $< 3\text{mm}$) oder Faserbündel (werden auch Tow genannt) verwendet. Diese Verfahren werden deshalb auch als Tow-Placement Verfahren bezeichnet. Sie verfügen über eine große Flexibilität, indem die Fasern einzeln geschnitten und beliebig verlegt werden können. Mit kommerziell erhältlichen Anlagen können zwischen ein und 32 Tows gleichzeitig abgelegt werden. Es ist damit möglich Fasern auf komplexen dreidimensionalen Geometrien abzulegen und gezielte Verstärkungen zu realisieren. Faltenwurf, der bei einem Tapelegeverfahren bei zu kleinen Radien auftritt, kann durch die Anpassung der einzelnen Tows bis zu einem bestimmten Maß verringert werden. Dafür ist es erforderlich, daß neben einer individuellen Ablegegeschwindigkeit auch die Kompaktierung und der Zuschnitt der einzelnen Tows separat gesteuert wird.

Die beiden beschriebenen Verfahren haben den Nachteil, daß bestimmte Preformgeometrien und Faserorientierung nicht realisierbar sind. Das Tow-Placement Verfahren ist zwar flexibler, allerdings auch beschränkt insbesondere aufgrund der geringen Legegeschwindigkeiten auf komplexen dreidimensionalen Geometrien und bei der Herstellung kleiner Radien. Zur

5 Herstellung von Preforms mit komplexen Geometrien und Faserorientierungen mit Tow-Placement sind sehr teure Anlagen (z.B. Legeroboter) nötig die den Bauteilpreis in die Höhe treiben und trotzdem nur geringe Legegeschwindigkeiten erreichen.

10 Auch bei der Herstellung von Multiaxialgelenken werden einzelne Rovings unter einem definierten Winkel abgelegt. Dabei handelt es sich um einen Prozeß, der zwar einen hohen Massendurchsatz aufweist, aber nur die Herstellung ebener Halbzeuge mit konstant fortlaufender Faserorientierung zuläßt. Werden Multi-
15 axialgelenke bei dem Aufbauen von dreidimensionalen Preforms durch Drapieren verwendet, so ändern sich die Faserwinkel innerhalb des Geleges. Im Normalfall ist diese Winkeländerung nicht erwünscht und nicht optimal auf den Preform oder das dreidimensionale Bauteil abgestimmt.

20 Ausgehend hiervon ist es deshalb die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren anzugeben bei dem ein bauteilangepaßter Fertigungsprozeß für dreidimensional Faser verstärkte Bauteile möglich ist, wobei sowohl komplexe dreidimensionale Geometrien, eine optimale Faserorientierung und eine hohe Legeleistung
25 bei einem relativ geringen Anlagenaufwand ermöglicht werden sollen.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Die Unteransprüche zeigen vorteilhafte Weiterbildungen auf.

30 Erfindungsgemäß wird somit vorgeschlagen einen Flächenbildungsprozeß, das heißt einen Prozeß zur Herstellung eines zweidimensionalen ebenen Fasergeleges mit einem Umformprozeß zu kombinieren. Beim erfin-

5 dungsgemäßen Verfahren wird dabei die Orientierung
und die Geometrie der textilen Ausgangsmaterialien
für das zweidimensionale in einer Ebene liegende Ge-
lege durch Rückrechnung aus der dreidimensionalen
Zielform bestimmt. Das neue Verfahren nutzt dabei den
Umstand, daß am Ende des flächenbildenden Textilpro-
zeßes (Verfahrensschritt a)) die Fasern noch nicht
endgültig fixiert sind. Durch Umformen / Drapieren
werden die an diesem Punkt noch verschiebbaren Fasern
10 in die gewünschte Orientierung und Geometrie ge-
bracht.

15 Damit steht erstmals ein Verfahren zur Verfügung bei
dem die dreidimensionale Zielform exakt die Faserori-
entierung und die Geometrie aufweist die von dem Pre-
form gefordert wird. Ein weiterer wesentlicher Vor-
teil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, daß
durch die Bildung des zweidimensionalen in einer Ebe-
ne liegenden Geleges eine hohe Legegeschwindigkeit
erreicht werden kann und daß dadurch der Anlagenauf-
wand minimiert ist. Die ebene Herstellung des Pre-
forms ist dabei bauteilangepaßt so daß sich beim an-
schließenden Umformen / Drapieren die gewünschte Fa-
serorientierung und Geometrie einstellt. Vor dem Le-
gevorgang ist es deshalb erforderlich die Faserorien-
tierung und die Geometrie des ebenen Preforms zu be-
rechnen so daß sich nach dem Umformvorgang / Drapier-
vorgang die geforderte Faserrichtung und Geometrie
einstellt. Diese Berechnungen sind an und für sich
aus dem Stand der Technik bekannt. Beim erfindungsge-
mäßigen Herstellungsverfahren handelt es sich somit um
einen Preformherstellungsprozeß der gezielt auf eine
spätere dreidimensionale Kontur ausgerichtet ist die
durch Umformen / Drapieren erreicht wird. Diese Ori-
entierung und das Umformen der textilen Ausgangsmate-
rialien kann dabei durch einen in der Geometrie ange-

20
25
30
35

paßten Zwischenträger und verschiedene Umformwerkzeuge erreicht werden.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren ist selbstverständlich mit allen aus dem Stand der Technik bekannten Ausgangsmaterialien durchführbar, so z.B. mit Fasern, Fasernbündel oder Tapes.

10 Die Fixierung der Fasern kann mit allen aus dem Stand der Technik bekannten Maßnahmen durchgeführt werden. So kann einerseits eine mechanischen Fixierung z.B. mittels Pins, Klemmelementen, Haftstreifen oder Bürsten erfolgen oder eine chemische Fixierung mittels Binder. Es ist auch möglich, mit vorimprägnierten Textilmaterialien zu arbeiten.

15 Die Fixierung kann dabei vor, während oder nach dem Umformen / Dapierungsprozeß erfolgen.

20 Das Legen des Preforms zum zweidimensionalen in einer Ebene liegenden Flächengebilde ist mit unterschiedlichen Verfahren möglich, so z.B. durch Wickeln um Pins oder mit anderen Fixierungshilfen, durch Tow-Placement / Fibre-Placement (Prepreg oder Binder) und durch Legen von trockenen Fasern und einer Vernähung.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figur 1 näher erläutert.

25 Figur 1 zeigt schematisch den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens. Figur 1.1. zeigt beispielhaft das Legen des Preforms 1 und der einzelnen Faserorientierungen. Die Fixierung der Fasern 2 erfolgt dabei mittels Pins, Klemmelementen, Haftstreifen oder Bürsten 3. Als textile Ausgangsmaterialien können dabei sowohl Rovings oder Faserbündel eingesetzt werden.

30

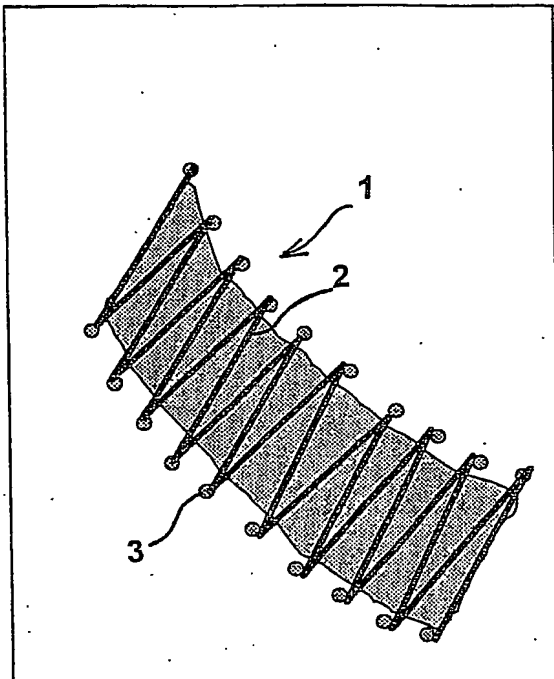
Bei der Ausführungsform nach Figur 1 wird wie aus der Figur 1.2. hervorgeht nach Bildung des zweidimensionalen Fasergeleges das Preform 1 entnommen und falls erforderlich zugeschnitten. Wesentlich beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es, daß ein ebenes Preform 1 vorliegt wobei der Faserverlauf und die Geometrie vorberechnet worden ist. Die berechnete Fasergeometrie und die Orientierung wird dabei durch Rückrechnung aus der endgültigen dreidimensionalen Zielform des Preforms ermittelt.

Nach dem Entnehmen des Preforms und dessen Zuschneiden wird dann das Preform einem Umformung- / Drapierungsprozeß unterzogen (1.3). Der dann dabei hergestellte Faserverlauf entspricht genau dem Faserverlauf wie er beim Zielpreform sein soll.

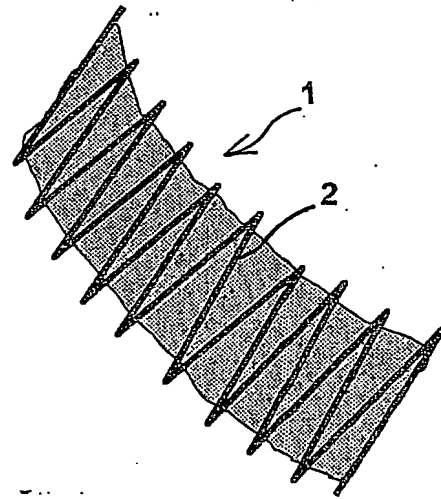
Nach Durchführung des Umformungsprozesses wird dann das Preform entnommen und gegebenenfalls zugeschnitten (1.4).

Figur 1

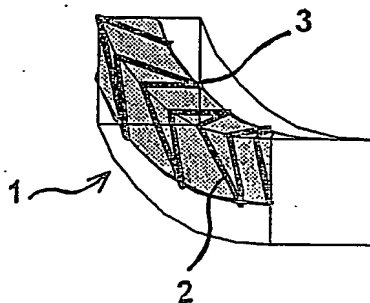
1.1



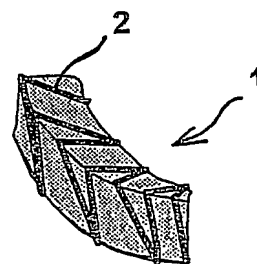
1.2



1.3



1.4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.